Über den anatomischen Bau der Achse
und die
Entwicklungsgeschichte der Gefässbündel
bei den
Amarantaceen.

Inaugural-Dissertation
zur
Erlangung der Doktorwürde
der
hohen philosophischen Fakultät
der
Friedrich-Alexanders-Universität Erlangen
vorgelegt von

Hermann Nemnich
aus Herborn, Reg.-Bez. Wiesbaden.

Erlangen.
K. b. Hofbuchdruckerei von Aug. Vollrath.
1894.

Seinen teuren Eltern

in

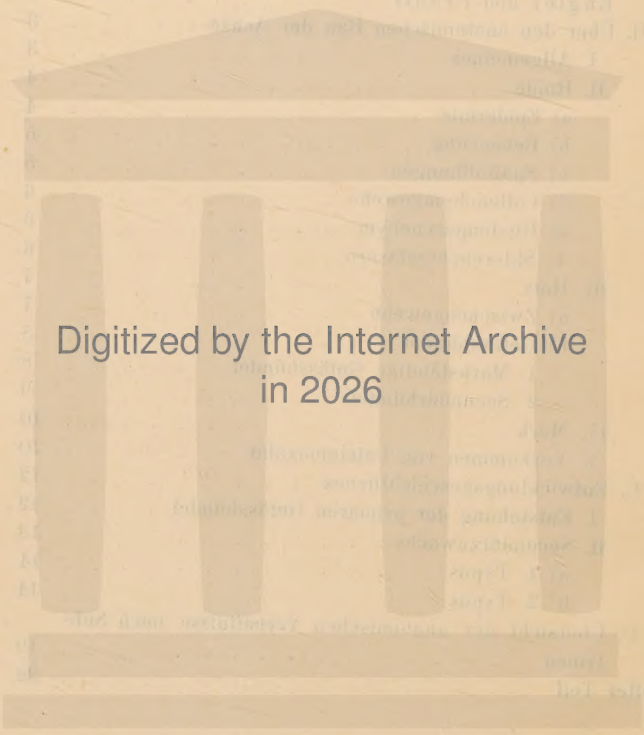
Liebe und Dankbarkeit gewidmet

vom Verfasser.

Inhalts-Verzeichnis.

Seite

Einleitung 1
Allgemeiner Teil 3
A. Übersicht über die Gruppierung der Gattungen nach Engler und Prantl 3
B. Über den anatomischen Bau der Achse 3
I. Allgemeines 3
II. Rinde 4
a) Epidermis 4
b) Behaarung 5
c) Spaltöffnungen 5
d) Collenchymgewebe 6
e) Rindenparenchym 6
f) Sklerenchymfasern 6
III. Holz 7
a) Zwischengewebe 7
b) Gefässbündel 8
1. Markständige Gefässbündel 8
2. Secundärbündel 9
IV. Mark 10
V. Vorkommen von Calciumoxalat 10
C. Entwicklungsgeschichtliches 12
I. Entstehung der primären Gefässbündel 12
II. Secundärzuwachs 13
a) 1. Typus 14
b) 2. Typus 14
D. Übersicht der anatomischen Verhältnisse nach Subtriben 19
Spezieller Teil 22



Digitized by the Internet Archive
in 2026

https://archive.org/details/IA41535724_0246

Einleitung.

Zu den Centrospermeen gehört eine Reihe von Familien, deren Achsenstruktur höchst interessante, charakterisierende Anomalien darbieten. Es sind dies namentlich die Chenopodiaceen, die Nyctagineen und die Amarantaceen, bei welchen drei Familien die anomale Stengelstruktur konstant zu sein scheint. Sie besitzen die gemeinsame Eigentümlichkeit, dass der Holzkörper aus mehr als einem Kreise collateraler Bündel besteht, welche in einem Zwischengewebe sich befinden.

Über den anatomischen Bau der Achse bei den Amarantaceen liegt bereits eine Reihe von Arbeiten vor. Vor allen hat de Bary in seiner „vergleichenden Anatomie“ wichtige Angaben über die Amarantaceen gemacht; desgl. Solereder in seiner Arbeit „Über den systematischen Wert der Holzstruktur bei den Dikotyledonen“; Sanio „Exogene Gefässbündelbildung“, Bot. Ztg. 1864; sowie Regnault in den „Annales des sciences naturelles IV“.

Es sind aber in allen diesen Arbeiten nur höchstens einige Gattungen bezüglich der Entwicklungsgeschichte der Gefässbündel u. s. w. untersucht worden.

Ich unternahm es deshalb auf Veranlassung des Herrn Prof. Dr. Reess, möglichst viele Gattungen und Arten aus allen Subtriben daraufhin zu untersuchen und auch die anatomischen Verhältnisse kurz zu schildern.

Das Material zu den Untersuchungen war zum Teil im Spätsommer 1893 eingelegtes Spiritusmaterial. Zum weitaus grössten Teil aber hatte ich frische Pflanzen zur Verfügung.

Die Samen hierzu waren, soweit sie nicht in dem botan. Garten zu Erlangen vorhanden waren, aus den Instituten in Palermo, Paris, Budapest und Madrid bezogen und Ende März 1894 in mit Glasdächern bedeckten Mistbeeten ausgesäet worden.

Die systematische Einteilung der Familie ist eine viel umstrittene. Wegen der Ähnlichkeit der Blütenverhältnisse werden von einigen Systematikern gewisse Gattungen zu den Chenopodiaceen gerechnet, welche von andern wieder als zu den Amarantaceen gehörig betrachtet werden. Ich habe dieser Arbeit die neueste Einteilung nach Engler und Prantl zu Grunde gelegt.

Meinem sehr verehrten Lehrer, Herrn Professor Dr. Reess, spreche ich an dieser Stelle für die Anregung zu der Arbeit sowie für die Unterstützung bei der Ausführung der Untersuchungen meinen tiefgefühltesten Dank aus. Herrn Dr. Bruns sowie Herrn Dr. Solereder bin ich gleichfalls für ihre überaus freundliche Unterstützung sehr zu Danke verpflichtet. Ferner sei es mir gestattet, den botanischen Instituten zu Palermo, Paris, Madrid, Berlin und Heidelberg auch an dieser Stelle für die gütige Überlassung von Samen bestens zu danken.

Allgemeiner Teil.

Einteilung der Familie der Amarantaceen nach Engler und Prantl.

I. Amarantoïdeae.

1. Celosieae:
   Deeringia; Pleuropetalum; Henonia; Celosia; Hermbstaedtia.
2. Amaranteae:

2a. Amarantinae:
   Bosia; Charpentiera; Banalia Chamissoa; Allmania; Amarantus; Aenida; Albersia; Euxolus; Scleropus Acantochiton; Digera; Pleuropterantha.

2b. Amaranteae-Achyrantinae:
   Saltia; Sericocoma; Centhema; Cyathula; Pupalia; Aerua; Nothosaerua; Ptilotus; Arthraerua; Mechowia; Psilotrichum; Chionotrix; Achyranthes; Stilbanthus; Nyssanthes.

II. Gomphrenoïdeae.

Gomphreneae:
   Guilleminea; Cladothrix; Froelichia; Pfaffia; Gossypianthus; Alternanthera; Woehleria; Dicraurus; Gomphrena; Iresine.

Über den anatomischen Bau der Achse.

Allgemeines.

In dem anatomischen Bau der Achse finden wir bei den Amarantaceen viele Ähnlichkeiten mit den auch dem äusseren Habitus nach nahe verwandten Familien der Chenopodiaceen und der Nyctagineen.

Solereder sagt: „Ein durchgreifender anatomischer Charakter zur Unterscheidung der Chenopodiaceen von den Amarantaceen existiert nicht. Die Krystallelemente der Nyctagineen lassen hingegen eine Unterscheidung der Nyctagineen von den Amarantaceen und den Chenopodiaceen zu.“

Wie bereits vorher gesagt, besteht bei den Amarantaceen der Holzkörper in der Regel aus mehr als einem Kreis collateraler Bündel. Die ausserhalb des primären, in vielen Fällen markständigen Bündelkreises secundär auftretenden concentrischen Gefässbündelringe sind nicht nach dem Modus normaler Dikotyledonen entstanden.

Die kreisförmige Anordnung der Gefässbündel ist keine durchaus regelmässige. Sehr häufig nehmen dieselben einen schrägen Verlauf und erscheinen deshalb auf dem Querschnittsbild unregelmässig verteilt.

Charakteristisch für einzelne Gattungen ist das Vorkommen und die Form des oxalsauren Kalkes.

Ein wichtiges Merkmal für die Familie ist die einfache Perforierung sowie das unbehöft getüpfelte Prosenchym (Solereder).

Rinde.

Epidermis.

Die Epidermis ist regelmässig gebaut. Sie besteht aus einer einzigen Zellschicht, deren Zellen allseitig, mit Ausnahme der Spaltöffnungen, ohne Zwischenzellräume zusammenschliessen. Die Form der Zellen ist auf dem Querschnitt quadratisch und in verticaler Richtung lang gestreckt. Während die Innen- und Seitenwände meist sehr dünn bleiben, wird die äussere Wandfläche in verschieden hohem Grade cuticularisiert. Sehr häufig sind die Seitenwände wellenartig gebogen, so dass die benachbarten Epidermiszellen ineinander eingreifen. Die Aussenwände sind meistens gewölbt.

Charakteristisch für einzelne Gattungen ist die Behaarung. Einzellige Haare fehlen gänzlich, ebenso deutlich verästelte.

Alle Arten besitzen die auch bei den Chenopodiaceen vorkommenden mehrzelligen Kopfhaare.

Dieselben bestehen aus einem mehrzelligen cylindrischen Grundteile, welcher als Stiel eine relativ grosse, blasige Endzelle trägt.

Diese ist meist von runder Form; zuweilen auch in der Form eines Eies mächtig aufgeblasen, z. B. bei Alternanthera procumbens und bei Gomphrena decumbens, wo die Endzelle länger ist als der ganze Stiel. Die eiförmige Endzelle ist in den beiden erwähnten Fällen mit winzig kleinen Höckerchen — Verdickungen der Membran — wie besäet.

Ausser diesen Kopfhaaren kommen auch lange, mehrzellige, konische Haare vor, die wieder bei einzelnen Gattungen verschieden gebaut sind. So sind bei Gomphrena und Telanthera lange, spiessige Haare, deren Grundteil aus zwei kleineren scheibenförmigen Zellen besteht, und deren oberer aus fünf gleichlangen Zellen gebildeter Teil am Ende spitz zuläuft. Die Aussenwände der einzelnen Zellen sind mit kleinen Höckerchen bedeckt, die bei Telanthera zuweilen hakig nach unten gebogen sind.

Bei Achyranthes argentea und virgata finden sich ausser den schon erwähnten Kopfhaaren ebenfalls spiessförmige. Hier ist aber die die Spitze bildende Endzelle bedeutend (5—6mal) grösser als die den Stiel bildenden drei cylindrischen Zellen. Die höckerigen Verdickungen der Membran beobachtete ich hier nur an der Endzelle, an den unteren Zellen ganz selten.

Spaltöffnungen von regelmässigem Bau sind bald mehr bald minder zahlreich an der Epidermis des Stengels vorhanden. Sie sitzen in den Furchen desselben. Während das subepidermale Gewebe an anderen Stellen

aus collenchymatisch verdickten Zellen besteht, ist hier die Atemhöhle der Spaltöffnungen von zartwandigen Parenchymzellen umschlossen.

Der collenchymatische Festigungsring, welcher an dieser Stelle unterbrochen ist, findet sich mehr oder weniger stark entwickelt bei allen untersuchten Arten. In den Kanten des Stengels sind oft 3 bis 4 Collenchymschichten. Die Form der sie bildenden Zellen ist parenchymatisch, in verticaler Richtung gestreckt.

Wie die Epidermiszellen so sind auch diese ohne Inhalt. Nur zuweilen trifft man den namentlich jungen Achsenteilen und den Blättern eigentümlichen roten Farbstoff auch im Collenchym an.

Das Rindenparenchym wird aus rundlich-isodiametrischen Zellen gebildet, deren Längsdurchmesser den Querdurchmesser um ein geringes übertrifft.

Die Zellen schliessen nicht lückenlos aneinander, sondern zwischen ihnen sind zahlreiche Intercellularräume. Namentlich bilden die direkt an die Atemhöhle der Spaltöffnungen angrenzenden Zellen ein ausserordentlich lockeres an das Schwammgewebe der Blätter erinnerndes Gewebe.

Sehr deutlich ist dies der Fall bei Alternanthera procumbens. Hier folgt auf das lockere Schwammgewebe nach innen eine Zellreihe von Palissadenzellen. Da, wie man aus der Anwesenheit des Chlorophylls schon entnehmen kann, hier Assimilation vor sich geht, so findet man auch in diesen und den angrenzenden Zellen assimilatorische Produkte wie Stärke und Eiweissstoffe.

Ausser diesen Inhaltstoffen ist noch oxalsaurer Kalk in oft sehr bedeutender Menge vorhanden. Es soll darüber später noch eingehender gesprochen werden.

Sklerenchym- oder Bastfasern als Elemente des mechanischen Systems trifft man bei den meisten

Gattungen der Amarantaceen in den verschiedensten Gruppierungen. So sind bei den Pflanzen mit extrafascicularer Cambiumzone die Bastfasern dieser in Reihen oder einzeln rings an der Peripherie vorgelagert. Die Wandungen der Bastfasern sind stark verdickt und verholzt und mit spaltenförmigen Tüpfeln versehen.

Bei den Achyranthesarten erscheinen die Bastfasergruppen auf dem Querschnitt als sichelförmige Belege an der Aussenseite der Fibrovasalstränge stehend.

Wie schon erwähnt, sind die Bastfasergruppen ein rein mechanisches Gewebe und helfen mit zur Festigung der Pflanzen.

Sie verdanken die hierzu nötigen physikalischen Eigenschaften in erster Linie dem Umstande, dass die Membranen ihrer Zellen auffallend stark verdickt sind, in zweiter Linie dem andern Umstande, dass ihre Zellen lückenlos verbunden und fest aneinander gekittet sind, was noch dadurch begünstigt wird, dass diese Zellen mehr oder weniger langgestreckte faserförmige Gestalt haben und mit ihren pfriemenförmig zugespitzten Enden zwischen einander geschoben sind.

Holz.

Der Holzkörper besteht in den weiter vorgeschrittenen Stadien der Hauptmasse nach aus dem Gewebe, welches de Bary als interfasciculares oder Zwischengewebe bezeichnet.

Dasselbe entsteht bei den meisten Gattungen aus der dauernd thätigen extrafascicularen Cambiumzone und tritt in zwei Hauptmodifikationen auf, nämlich als Parenchym und als Libriform.

Die zuerst auftretende Form des Zwischengewebes setzt sich aus dünnwandigen, grosslumigen Parenchymzellen zusammen, die in Form und Aussehen von den Markparenchymzellen wenig oder gar nicht verschieden sind. Sie sind saftig und reich an Assimilationsprodukten.

Die zweite zuletzt gebildete Form ist das Libriform. Das Libriform bildet den Hauptteil des mechanischen Systems. Es besteht aus gestreckt spindelförmigen sklerotischen Faserelementen, welche in regelmässigen, radialen Reihen angeordnet sind. Die Wandungen sind stark verdickt und verholzt und durch einfache Tüpfel ausgezeichnet.

In ganz vereinzelten Fällen habe ich auch kleine rundliche Höfe bemerkt.

Eine intermediäre Form zwischen den beiden genannten kommt nicht selten vor. Es ist dies das zwischen dem dünnwandigen, parenchymatischen und dem prosenchymatischen Zwischengewebe liegende und gewissermassen den Übergang bildende derbwandigere Holzparenchym.

Die Gefässbündel sind nach ihrer Lage zu unterscheiden:

1. als echte markständige,
2. als scheinbar markständige, und
3. als solche, welche in dem Holzprosenchymring stehen.

Echte markständige Bündel giebt schon de Bary für Amarantus- und Euxolus-Arten an. Er erklärt dies:

„Bei Amarantus candatus, A. retroflexus und Euxolus emarginatus treten die zahlreichen, z. B. 11 in der Blattbasis zu einer nach oben concaven Bogenreihe geordneten Stränge im Knoten steil absteigend auseinander; die einen mit von oben herabsteigenden einen Bündelring bildend, die andern tiefer in das Mark dringend. Innerhalb des Bündelringes kommen dadurch mehrere unregelmässige markständige Ringe zu stande, in welchen die zu den einzelnen Blättern gehörenden Stränge gruppenweise genähert bleiben. Die Mitte des Markes ist bündelfrei. Die medianen Stränge jeder Blattspur scheinen am tiefsten ins Mark zu dringen.“

Markständige Bündel, welche auf diesem Wege zu stande kommen, beobachtete ich auch bei allen übrigen von mir untersuchten Amarantusarten; ferner bei Scleropus amaranthoides, Euxolus lividus, Albersia livida, Albersia Blitum, Aenida cannabina und Chamissoa pyramidalis.

Echte markständige Gefässbündel habe ich ferner noch gefunden bei Alternanthera ficoides und bei Achyranthes argentea und A. virgata.

In den beiden letzteren sind es die zu zwei grossen Gefässbündeln vereinigten Blattspurstränge, welche in den Internodien in der Mitte des Markes durch nur zwei Parenchymzellen von einander getrennt zentral verlaufen. In den Knoten ist das Mark bündelfrei, weil hier die von oben herabsteigenden Blattspurbündel nach der Insertionsstelle hin aus der Mitte ausbiegen, um, nachdem sie sich hier mit den neu eintretenden Blattspuren direkt vereinigt, im Verlauf nach unten wiederum wie vorher in die Mitte des Markes zu treten.

Als scheinbar markständige Gefässbündel könnte man diejenigen bezeichnen, welche in dem von dem Markparenchym kaum zu unterscheidenden zartwandigen parenchymatischen Zwischengewebe liegen.

Solche scheinbar markständige Bündel kommen allen vorhergenannten Arten mit Ausnahme von Achyranthes virgata und argentea und Alternanthera ficoides neben den echten markständigen zu, sowie ferner den untersuchten Celosia-Arten.

Die zuletzt entstandenen secundären Gefässbündel befinden sich in dem dichteren Teile des Zwischengewebes, und zwar sind die Gefässe in dem Libriform eingebettet und stehen in radialer Anordnung. Das dazu gehörige Phloëm ist jedesmal in Gruppen an der Peripherie des Holzringes vorgelagert.

Die histiologische Zusammensetzung der Gefässbündel ist im allgemeinen der für collaterale Bündel gültigen gleich, mit der Einschränkung, dass Spiral- und Ringgefässe nur den Blattspurbündeln eigen zu sein pflegen. Nur bei den innersten scheinbar markständigen Secundärbündeln konstatierte ich in einigen Fällen ebenfalls Spiralgefässe. In den übrigen secundären Bündeln besteht der Gefässteil aus Tüpfel-, ganz selten aus Netzgefässen. Die Elemente des Siebteils sind stets zu einer eng umschriebenen Gruppe vereinigt, nicht im weiteren Umkreis zerstreut.

Das Mark

setzt sich aus grosslumigen, zartwandigen Zellen zusammen, welche rundlich-isodiametrische Form besitzen und sich von dem schon erwähnten Parenchym des Zwischengewebes kaum unterscheiden.

Auch der Inhalt, den sie führen, ist derselbe, nämlich Stärke und oxalsaurer Kalk.

Oxalsaurer Kalk kommt im Zwischengewebe relativ wenig vor, umso reichlicher aber im Mark und in der Rinde. Bei allen untersuchten Amarantaceen habe ich in der Achse oxalsauren Kalk gefunden, allerdings bei einigen Gattungen, wie z. B. Gomphrena und Telanthera und Alternanthera, nur sehr geringe Mengen. Ich beobachtete drei Formen des Auftretens.

Die erste Form ist die der Krystalldrusen und scheint die häufigste zu sein. Die Drusen bestehen aus unvollkommen ausgebildeten, zu eckigen oder sternförmigen Klumpen verwachsenen Krystallen, welche krystallographisch teils zu dem quadratischen, teils zu dem klinorrhombischen System zählen. Die Drusen sind niemals zu zweien in einer Zelle, sondern es wird die einzelne Zelle von einer einzigen Krystalldruse zum grössten Teile ausgefüllt.

Solche Zellen bezeichnet de Bary als Krystallschläuche, wenn sie nur Krystalle als alleinigen Inhalt besitzen.

Krystallschläuche mit Drusen finden sich sowohl einzeln zerstreut als auch reihenweise übereinanderstehend. Letzteres namentlich in dem Rindenparenchym in nächster Nachbarschaft der Gefässbündel, diese reihenweise begleitend.

Krystalldrusen haben: Alternanthera, Telanthera, Gomphrena, Achyranthes, Froelichia, Hoplotheka.

Fast ebenso häufig kommt der oxalsaure Kalk als Krystallsand ebenfalls in besonderen Krystallschläuchen vor.

Die winzigen, körnchenähnlichen Krystalle füllen in unzählbarer Menge den Schlauch aus, sodass dieser bei durchfallendem Lichte einen völlig schwarzen, dichtkörnigen Inhalt zeigt. Die Form der Krystallschläuche steht zu derjenigen der in ihnen enthaltenen Krystalle, wenn diese erhebliche Grösse erreichen, in naher Beziehung, ohne dass zur Zeit bestimmt ausgesagt werden könnte, ob die Krystallform von der des Schlauches abhängig ist oder umgekehrt. In der Regel ist der Krystallsand kleinkörnig, und in diesem Falle sind auch die Schläuche von den umgebenden Zellen in Form und Grösse wenig oder gar nicht verschieden.

Die Krystallsandschläuche liegen ebenfalls vorzugsweise in der Nähe der Gefässbündel reihenweise übereinander gelagert und so diese weite Strecken hindurch begleitend. Sie finden sich aber auch in allen anderen Teilen der Pflanze und schon in den jüngsten Sprossen. Ausserordentlich reichlich ist die Anhäufung des oxalsauren Kalks da, wo eine Abzweigung aus der Achse stattfindet.

Die dritte Form des Vorkommens endlich ist die der Einzelkrystalle. Sie ist ausserordentlich selten.

Sehr schön ausgebildete Einzelkrystalle fand ich nur bei Alternanthera procumbens.

Dieselben gehören meist dem quadratischen Systeme an und sind teils reguläre Oktaëder, teils Quadrate, deren Kanten durch hexagonale Säulen abgestumpft sind, sowie ferner abgeleitete Formen von mannigfaltigster Gestalt.

Rhaphidenbündel, wie sie den Nyctagineen eigentümlich sind, kommen bei den Amarantaceen gar nicht vor.

Entwicklungsgeschichtliches.

Bei sämtlichen Amarantaceen entsteht der innerste Bündelkreis zuerst und zwar in einem Verdickungsringe, der sich vom Marke durch engere Zellen mit reichlichem protoplasmatischen Inhalt unterscheidet. Von den Zellen der primären Rinde kann man ihn anfänglich kaum mit Sicherheit unterscheiden; doch tritt der Unterschied schon nach Entstehung der ersten Cambiumbündel hervor, indem zwischen den Zellen der primären Rinde enge, lufthaltige Intercellulargänge entstehen, während die Zellen des Verdickungsringes enge aneinanderschliessen.

Im Verdickungsringe entstehen, wie auch sonst, die Cambiumbündel nacheinander in scheinbar unbestimmter Folge. Während nun die Bündelzahl in dem entstehenden Ringe zunimmt, vermehrt sich auch der ausserhalb der Bündel gelegene Teil des Verdickungsringes schnell durch häufige, tangentiale Teilungen. Es entsteht dadurch über den Bündeln eine dem Verdickungsringe angehörige Zellschicht, deren innere Zellen sich strecken und in Dauergewebe übergehen, während die äusseren engeren in reichlicher

Teilung verbleiben und schliesslich in sich den zweiten Bündelkreis erzeugen.

Die inneren in Dauergewebe verwandelten Zellen des Verdickungsringes, welche nun den Verdickungsring von dem ersten Bündelring trennen, zeigen anfänglich noch eine deutliche, radiale Anordnung.

Während dieser Umwandlung finden sich in den ältesten Bündeln des ersten Ringes die ersten Gefässe ein. Um diese Zeit haben schon sämtliche Bündel die ersten Bastzellen gebildet, die hier wie überall früher als die Gefässe entstehen. Wenn sich der Verdickungsring vom ersten Bündelringe durch die von ihm nach innen gebildete Zellschicht, das Zwischengewebe, getrennt hat, so unterscheidet er sich deutlich sowohl von dem weiter gewordenen Zwischengewebe als auch von der darüber gelegenen primären Rinde durch die grosse Anzahl der Teilungen. Es entstehen sodann in ihm die Bündel des zweiten Kreises, indem an bestimmten Stellen seine Zellen durch sehr schnell und in verschiedenen Richtungen aufeinander folgende Scheidewände in ein engeres Gewebe, die Cambiumbündel, zerfallen.

Die äussere Grenze des Verdickungsringes rückt nun durch die zahlreichen zumeist tangentialen Teilungen immer weiter nach aussen, und die in ihm entstandenen Cambiumbündel werden dadurch, dass die sie umgebenden Zellen sich in Zwischengewebe verwandeln, bald aus ihnen abgeschieden. Damit hat er also zwischen sich und dem primären Bündelkreis zwei Lagen Zwischengewebe und den sie trennenden zweiten Bündelkreis eingeschoben.

Die Bündel des zweiten Kreises erhalten um die Zeit, wo sie aus dem Verdickungsring heraustreten, ihre ersten Bastzellen; ihre ersten Gefässe entstehen viel später.

Die primäre Rinde, bei der schon früh eine Sonderung in Collenchym und Innenrinde eintritt, vermehrt sich lebhaft.

Zuerst erlöschen die Teilungen in der Innenrinde, nämlich um die Zeit, wann der zweite Bündelkreis anfängt, aus dem Verdickungsring herauszutreten; später im Collenchym etwa, wenn der Ring vollständig herausgetreten ist und seine ältesten Bündel die ersten Gefässe erhalten.

Während nun das zu Anfang der cambialen Thätigkeit des extrafascicularen Verdickungsringes gebildete Zwischengewebe ausschliesslich die Eigenschaften von Parenchym annimmt, erhalten die jetzt aus demselben hervorgehenden Zellen ganz andere Form und Aussehen. Sobald die Bündel des zweiten Bündelkreises aus dem Verdickungsringe herausgetreten sind, produziert dieser zunächst die weiter oben als intermediäre Form des Zwischengewebes bezeichneten derbwandigen, englumigen Parenchymzellen. Dieselben sind in verticaler Richtung gestreckt und werden mehr oder minder xylogenisiert.

Hierauf wird das den Festigungsring repräsentierende Libriform gebildet. Die Zellen dieses Libriforms sind lang gestreckt, englumig und ohne Intercellularräume dicht ineinander gefügt. Die Enden der Zellen sind spitz oder schräg zulaufend.

Die in demselben Stadium des Wachstums noch gebildeten Gefässbündel sind also von diesem dichten prosenchymatischen Zwischengewebe umgeben.

Der soeben beschriebene Modus des Dickenwachstums findet statt bei allen von mir untersuchten Amarantus-, Euxolus- und Celosia-Arten; ferner bei Scleropus amaranthoides, Aenida cannabina, Albersia livida und Albersia Blitum, Chamissoa pyramidalis.

Der zweite Typus des Dickenwachstums ist der, dass anfänglich ein primärer Bündelring mit normalem

Cambium und normalem Secundärzuwachs auftritt. Dieses normale Wachstum erlischt nach einiger Zeit, und der weitere Secundärzuwachs wird durch eine rings um die Aussenränder der primären Siebteile neu auftretende extrafasciculare Cambiumzone fortgesetzt.

Wann der zweite anomale Zuwachs beginnt, ist bei den einzelnen Arten verschieden und hängt, wie es scheint, davon ab, ob die betreffende Pflanze überhaupt oder nur wenig zum Dickenwachstum neigt.

Da mir nicht von allen Gattungen die ältesten Stadien zur Verfügung standen, so erwähne ich hier die Verhältnisse, wie ich sie bei den ältesten Stadien von Alternanthera procumbens gefunden und wie sie wohl auch für die übrigen Gattungen dieses Typus mehr oder weniger übereinstimmend sind.

Die dicksten Stengel von Alternanthera procumbens, welche im Herbst eingesammelt und in Spiritus gelegt waren, waren 4 — 5 mm dick.

Der Querschnitt eines solchen 4 mm dicken Stengels zeigt noch den einen ursprünglichen Bündelring fertig ausgebildet.

Das Holzprosenchym ist sehr stark entwickelt; die einzelnen Zellen desselben sind in sehr regelmässigen, radialen Reihen angeordnet. Ebenso lassen die in ihm massenhaft eingebetteten, weitlumigen Gefässe eine deutliche radiale Anordnung erkennen.

Zwischen diesem Holzring und dem in einzelnen Gruppen vorgelagerten Phloëm ist von einem Cambium nichts mehr zu sehen. Die Thätigkeit des normalen interfascicularen Cambiums ist also erloschen.

Ausserhalb dieser Phloëmgruppen tritt nun plötzlich an einzelnen Punkten Meristem auf.

Bei dem vorliegenden Präparate sind es acht Stellen, an denen Complexe von 2 bis 3 Zellreihen, welche jedesmal an je ein Phloëmbündel angrenzen, meristematisch werden.

Durch rasch aufeinander folgende Tangentialteilungen der sich bald weiter im Umkreis ausdehnenden meristematischen Zellreihen entsteht nun in regelmässiger, radialer Anordnung ein zweiter Holzring und in demselben eingebettet ein zweiter concentrischer Kreis von Secundärbündeln.

Während die Gefässbündel des ersten Bündelkreises Spiral- und Ringgefässe besitzen, haben die Bündel des zweiten Kreises, wie dies auch schon in andern Fällen beobachtet war, nur Tüpfelgefässe.

Da das secundär aus dem anomalen Meristemring hervorgegangene Zwischengewebe rasch in Dauergewebe, nämlich Holzprosenchym, verwandelt wird, so erscheinen die Siebteile der Gefässbündel des ersten Bündelkreises als Inseln zwischen den beiden aneinander stossenden, concentrischen Holzringen.

Bei noch weiterem Wachstum wird durch die andauernde Dehnung der Gewebemassen der primäre Holzring gesprengt, und es treten zwischen ihm markstrahlähnliche Parenchymstreifen auf.

Ausserhalb der Siebteile des zweiten Gefässbündelkreises sind inzwischen Sklerenchymfasern entstanden und stehen in auf dem Querschnitt sichelförmigen Gruppen oder in Reihen. Sie besitzen ein relativ grosses Lumen.

Dieser zweite Modus des Dickenwachstums findet statt bei: Alternanthera procumbens, Pupalia atropurpurea, Gomphrena decumbens und globosa, bei Froelichia gracilis und floridana, Hoplotheka interrupta, Telanthera polygonoides.

Eine Unterabteilung dieser zweiten Gruppe bilden Alternanthera ficoides und Achyranthes argentea und Achyranthes virgata, insofern als bei den in einen Kreis bezw. Viereck angeordneten Bündeln der secundäre Dickenzuwachs in gleicher Weise erfolgt; nämlich zuerst

auf ganz normalem Wege, sodann aber durch ein extrafasciculares Cambium.

Wie wir bereits oben gesehen haben, sind die drei genannten Arten schon durch die Art ihrer markständigen Gefässbündel ganz alleinstehend. Alternanthera ficoides besitzt nämlich zwei mächtige Gefässbündel, welche innerhalb des Gefässbündelringes im Marke und zwar um je 3 Parenchymzellen von dem Ringe entfernt stehen.

Verfolgen wir die Entwicklungsgeschichte von den jüngsten Stadien an, so sehen wir die beiden markständigen Bündel zuerst in dem Verdickungsringe, der auch hier durch eine Zone von protoplasmareichen Zellen charakterisiert ist, sich als Cambiumbündel aus dem neu entstandenen zartzelligen Gewebe abheben. Während diese immer deutlicher hervortreten, werden auch an andern Stellen des Verdickungsringes Cambiumbündel erkennbar.

Um die Zeit etwa, wo die beiden zuerst entstandenen, einander gegenüberliegenden Bündel ihre ersten Gefässe erhalten, dehnt sich der Verdickungsring, welcher bis dahin zufolge der Form des Stengels an den beiden Punkten, wo diese Bündel stehen, etwas eingedrückt war, zu einem Kreis aus.

Dies geschieht dadurch, dass der über diesen Bündeln gelegene Teil des Verdickungsringes zwischen sich und den Bündeln markähnliches Parenchymgewebe erzeugt und dadurch weiter nach aussen rückt.

Die sechs nun in einem Kreise stehenden Gefässbündel zeigen vollständig regelmässiges dikotylisches Dickenwachstum, indem die radial gereihten zarten Zellen an der Innengrenze des Siebteils meristematisch bleiben.

Früher oder später setzen sich die tangentialen Teilungen von den Seitenrändern der Siebteile aus über einen diese miteinander verbindenden Streifen jedes

Markstrahls fort, um in diesen Streifen eine gleichfalls meristematische Zone herzustellen.

Auch bei den im Marke stehenden Gefässbündeln bleibt zwischen Phloëm und Xylem ein normales Fascicularcambium thätig, die Elemente der Gefässbündel stetig vermehrend.

Bei der Betrachtung der jüngsten Stadien der beiden genannten Achyranthesarten stellt sich uns die durch eine protosplasmareiche Zellpartie repräsentierte Verdickungszone nicht als ein Kreis sondern zufolge der Form des Stengels als ein Viereck dar. Und wieder ist dieses Viereck an den beiden einander gegenüberliegenden Seiten des Vierecks, wo die ersten Cambiumbündel erkennbar werden, eingedrückt. Das Wachstum schreitet fort, und es treten rasch aufeinander folgend je drei Cambiumbündel auf, welche die beiden andern Seiten des Quadrats einnehmen und sich also genau gegenüber stehen.

Sodann rückt auch in diesem Falle durch Wachstum des über den ersten beiden Bündeln gelegenen Teils des Verdickungsringes dieser weiter nach aussen. Wenn das Viereck auf diese Weise vollständig hergestellt ist, sieht man an den beiden Punkten des Verdickungsringes, die in radialer Linie von den markständig gewordenen Gefässbündeln nach aussen liegen, kleine Zellkomplexe durch sehr schnell in verschiedenen Richtungen aufeinander folgende Scheidewände in ein engeres Gewebe zerfallen. Es sind dies die Cambiumbündel, aus welchen die an den beiden bezeichneten Punkten stehenden Gefässbündel hervorgehen.

Die beiden nach der Mitte des Markes zu bis auf den Zwischenraum von zwei Markparenchymzellen einander nahe gerückten Gefässbündel haben zwischen Phloëm und Xylem normales Fascicularcambium, wodurch sie an Mächtigkeit rasch zunehmen. Bei einem

4 mm dicken Stengel von Achyranthes virgata besass das eine dieser Bündel 20, das andere 19 Gefässe.

Auch bei den übrigen im Quadrat stehenden Gefässbündeln findet in derselben Weise wie bei Alternanthera ficoides normales, dikotylisches Wachtum lange Zeit hindurch statt.

Hat dann der Stengel eine Dicke von ungefähr 3 mm erreicht, so erlischt dieses, und es tritt in der bereits bei Alternanthera procumbens geschilderten, anomalen Weise rings um die Aussenränder der Siebteile eine extrafasciculare Cambiumzone auf, welche nun dauernd thätig abwechselnd stark verholztes, prosenchymatisches Zwischengewebe und secundäre Gefässbündel erzeugt.

Übersicht der anatomischen Verhältnisse nach Subtriben.

Nachdem wir in den vorliegenden allgemeinen Betrachtungen schon die wichtigsten Merkmale der Familie kennen gelernt, und unter Berücksichtigung der im speziellen Teil noch zu machenden Untersuchungen der einzelnen Gattungen und Arten, dürfte es nicht schwer fallen, eine systematische Gruppierung der einzelnen Gattungen nach ihren anatomischen Charakteren herauszufinden.

Einen wichtigen Anhaltspunkt zur Einteilung der Amarantaceen in zwei grosse Gruppen bietet in erster Linie die Art des secundären Dickenwachstums.

Wir haben gesehen, dass der erste Typus darin besteht, dass gleich nach der Bildung des primären Bündelkreises eine ausserhalb der primären Siebteile gelegene Meristemzone dauernd thätig bleibt und abwechselnd Zwischengewebe und secundäre Bündel erzeugt.

Zu dieser grossen Gruppe gehören: Amarantus, Euxolus, Scleropus, Aenida, Albersia, Celosia, Chamissoa, Bosia.

Zu der zweiten Gruppe gehören diejenigen Gattungen, bei welchen ein typisch dikotyler primärer Gefässbündelring mit normalem und — wenigstens längere Zeit hindurch — normalem Secundärzuwachs vorhanden ist.

Es gehören hierhin auch Alternanthera ficoides und die Achyranthesarten, welche ja, wie vorher beschrieben, auch einen normalen, dikotylischen Bündelring bezw. Bündelviereck besitzen.

Ausserdem natürlich die schon bei dem zweiten Typus des Secundärzuwachses erwähnten Gattungen.

Diese Gruppe besteht also aus den Gattungen:

Alternanthera, Telanthera, Gomphrena, Froelichia, Hoplotheka, Pupalia, Achyranthes.

Ein weiterer Umstand, der dieser Einteilung in zwei Gruppen noch zustatten kommt, ist die Form, in welcher der oxalsaure Kalk vorkommt.

Die Vertreter der ersten Gruppe, welche ich untersucht, besitzen sämtlich Krystallsandschläuche; während die von der zweiten Gruppe durchweg Krystalldrusen haben.

Ferner muss die Trichombildung hier in Betracht gezogen werden. Die Gattungen der ersten Gruppe besitzen nur die langen, vielzelligen Kopfhaare, wenn überhaupt Trichombildung vorhanden.

Celosia und Albersia haben keine Haare; Euxolus und Aenida nur an den jüngsten Sprossen die oben erwähnten Kopfhaare.

Bei der zweiten Gruppe ist die Haarbildung viel reichlicher und mannigfaltiger. Mehrzellige Haare, deren Endzelle zu einem Kopf aufgeblasen ist, haben ebenfalls Gomphrena, Alternanthera, Telanthera, Achyran-

thes. Jedoch sind sie hier nicht so lang, und die Endzelle ist bei weitem grösser.

Alle Gattungen der zweiten Gruppe besitzen aber lange, mehrzellige, spitz zulaufende Haare.

Nach der Form dieser spitzen Haare zerfällt die zweite Gruppe in zwei Unterabteilungen.

Zu der ersten gehören Telanthera, Gomphrena und Alternanthera und Achyranthes. Bei diesen ist die Membran der Haare höckerig verdickt.

Die langen, spitzen Haare der zweiten Unterabteilung besitzen diese höckerigen Verdickungen der Membran nicht.

Es sind die Gattungen:

Froelichia, Hoplotheka, Pupalia.

Die Trichombildungen bei der ersten Unterabteilung lassen wieder gewisse Unterscheidungen nach Gattungen zu.

Die Spiess-Haare von Achyranthes sind ganz charakteristisch. Der Schaft des Spiesses wird von zwei bis drei kleinen, scheibenförmigen Zellen gebildet. Auf diesen sitzt eine lange, spitz zulaufende Zelle von der doppelten bis vierfachen Länge des ganzen Schaftes.

Die Haarbildungen bei Alternanthera, Telanthera und Gomphrena sind so ziemlich übereinstimmend; nur ist Telanthera durch die Grösse und hakige Form der höckrigen Verdickungen besonders gekennzeichnet.

Spezieller Teil.

Beschreibung des anatomischen Baues der Achse.

Celosia cristata.

Die einschichtige Epidermis zeigt gar keine Haarbildung.

Die Zellen derselben sind quadratisch, in vertikaler Richtung gestreckt. Die Innen- und Seitenwände sind sehr dünn; die Aussenwände sind cuticularisiert und mässig gewölbt. Die Spaltöffnungen sind regelmässig gebaut und liegen in den Furchen des Stengels.

Collenchym ist in den Kanten des Stengels stark entwickelt, sonst nur schwach. Da wo Spaltöffnungen sitzen, ist der subepidermale, collenchymatische Festigungsring unterbrochen, und es grenzt dünnwandiges, lockeres parenchymatisches Gewebe an die Atemhöhle derselben an.

Das Rindenparenchym setzt sich aus rundlichen, isodiametrischen, grosslumigen Zellen zusammen, zwischen denen reichlich Intercellularräume sich befinden.

Sklerenchymfasern sind der extrafascicularen Cambiumzone einzeln oder in Gruppen vorgelagert. Sie sind stark verholzt und besitzen ein verhältnismässig grosses Lumen.

Der durch die Thätigkeit des zwischen ihm und den Bastfasern liegenden extrafascicularen Verdickungsringes hervorgegangene Festigungsring besteht aus stark verholztem Libriform. Die in demselben eingebetteten

Gefässe zeigen ebenso wie die Holzprosenchymzellen regelmässige radiale Anordnung.

Das Libriform ist der zuletzt entstandene Teil des Zwischengewebes, weiter nach innen folgt das zuerst entstandene Parenchym. Die an das Libriform anstossenden Zellen des letzteren erfahren häufig auch Xylogenisierung.

Der primäre Gefässbündelkreis ist durch dünnwandiges markähnliches Parenchym von dem Holzring getrennt, scheinbar markständig. Die Bündel desselben treten aber thatsächlich auch bei einigen Arten in das Mark ein.

Die Zellen des Marks sind weitlumig, rundlich-isodiametrisch. Zwischen ihnen befinden sich zahlreiche Intercellularräume. Inhaltstoffe sind hier wie in der Rinde: Stärke und oxalsaurer Kalk.

Letzterer ist im Mark nicht so häufig wie in der Rinde und zwar als Krystallsand in sogen. Krystallsandschläuchen. Diese befinden sich vorzugsweise in der Rinde in nächster Nachbarschaft der Gefässbündel, diese reihenweise begleitend.

Celosia castrensis

zeigte dieselben Verhältnisse.

Celosia pyramidalis

ebenso.

Bosia L.

Nach der von Gheoreghieff im Bot. Centralblatt, Band XXIX Nr. 13, gegebenen Beschreibung von Bosia Yeroamora L. besteht bei einem mehrjährigen Exemplare das Holz aus acht ziemlich regelmässigen concentrischen Zonen von distinkten collateralen Gefüssbündeln. Das Zwischengewebe ist parenchymatisch.

Der durch mehrere Reihen sich in tangentialer Richtung teilender Zellen repräsentierte, extrafasciculare

Verdickungsring ist ringsum nach aussen von vereinzelten Bastfasern oder Bastfasergruppen begrenzt.

Das Xylem wird der Hauptmasse nach aus weitlumigen Libriformzellen zusammengesetzt, deren Wände spaltförmige, einfache, schief oder longitudinal gelegene Poren zeigen.

Die Gefässe sind netzartig verdickt oder mit sehr verlängerten Tüpfeln versehen. Sie sind sparsam verteilt, und ihr Durchmesser ist gering.

Die Epidermis besitzt keine Haarbildung, indess sind die sehr verdickten und stark cuticularisierten Aussenwände gewölbt, fast papillenartig ausgewachsen.

Chamissoa pyramidalis.

Der Querschnitt eines jungen 2 mm dicken Stengels zeigte einen primären, scheinbar markständigen Bündelkreis, indem auch hier wieder der Verdickungsring markähnliches Parenchymgewebe gebildet hat und dadurch weiter nach aussen gerückt ist.

Es beginnen eben die Bündel des zweiten Gefässbündelringes sich von dem Verdickungsringe deutlich abzuheben.

In der Rinde ist massenhaft Chlorophyll in dem lockeren Parenchymgewebe unterhalb der Spaltöffnungen.

Ausserdem sind Rinde und Mark reich an Stärke und oxalsaurem Kalk. Letzterer vorwiegend in der Rinde als grosskörniger Krystallsand in besonderen Schläuchen. Die Krystallkörner besitzen die Form von Tetraëdern, einer hemiëdrischen Form des Oktaëders.

Das Collenchymgewebe ist fast nur in den Ecken vorhanden.

Spaltöffnungen sind ziemlich zahlreich vorhanden.

Die Aussenwand der Epidermiszellen ist nur schwach gewölbt und cuticularisiert.

Die Behaarung besteht aus mehrzelligen langen Kopfhaaren.

Amarantus spinosus.

Die einschichtige Epidermis besitzt äusserst wenig Spaltöffnungen; die Behaarung ist spärlich und besteht aus langen, mehrzelligen Kopfhaaren. Die Aussenwände der Epidermiszellen sind cuticularisiert und etwas gewölbt.

Die dünnen Seitenwände sind häufig wellenförmig gebogen, sodass die benachbarten Epidermiszellen in einander greifen. Der collenchymatische Festigungsring ist ziemlich stark entwickelt und besteht bei einem 2 mm dicken Stengel aus 3 bis 4 Zellreihen.

Der Holzkörper besteht der Hauptmasse nach aus dem secundär entstandenen prosenchymatischen Zwischengewebe. In ihm verlaufen die Holzgefässe der zuletzt entstandenen Bündel, deren zugehöriges Phloëm in Gruppen an der Peripherie des Holzringes vorgelagert ist.

Die primären Blattspurstränge bilden den innersten, markständigen Bündelkreis.

Scheinbar markständige Bündelringe in dem markähnlichen, parenchymatischen Zwischengewebe sind ebenfalls vorhanden.

Der oxalsaure Kalk ist in Form von Krystallsand in sogen. Krystallsandschläuchen vorhanden.

Amarantus candatus

zeigt im allgemeinen dieselben Verhältnisse.

Spaltöffnungen sind sehr selten.

Oxalsaurer Kalk kommt massenhaft als Krystallsand vor in besonderen Schläuchen; daneben öfters, namentlich bei jüngeren Exemplaren, als sehr schön ausgebildete Einzelkrystalle des quadratischen Systems.

Amarantus caracu.

Der Krystallsand ist nicht so locker wie vorher sondern zu dicken Klumpen zusammengeballt, auch in besonderen Schläuchen.

Amarantus speciosus var. gibbosus.

Der rote Farbstoff, der auch bei den übrigen Arten mehr oder weniger vorhanden ist, findet sich sehr reichlich im Rindenparenchym und zwar hauptsächlich in der innersten an die Meristemzone angrenzenden Zellschicht desselben.

Der Farbstoff ist im Zellsaft gelöst.

Amarantus tristis.

Spaltöffnungen ziemlich viel vorhanden. Unter denselben ist das subepidermale Collenchymgewebe unterbrochen, und das angrenzende lockere Parenchym der Rinde enthält reichlich Chlorophyll.

Die folgenden Arten zeigten keine wesentlichen Unterschiede von Amarantus spinosus, nämlich:

Amarantus melancholicus.

Amarantus paniculatus.

Amarantus tenuifolius. Amarantus clavatus.

Amarantus atropurpureus.

Amarantus pallidus. Amarantus salicifolius.

Amarantus albus.

Amarantus retroflexus. Amarantus tricolor.

Amarantus Blitum.

Sectio Euxolus.

Euxolus lividus.

Haarbildung an der Achse nicht vorhanden.

Epidermiszellen sind quadratisch, in vertikaler Richtung lang gestreckt. Aussenwände cuticularisiert und gewölbt.

Spaltöffnungen in den Vertiefungen des Stengels ziemlich zahlreich; darunter ist kein Collenchym, sondern nur in den Ecken.

Inhaltstoffe der Rinde sind Chlorophyll, Stärke und oxalsaurer Kalk in Form von Krystallsand.

Die Krystallsandschläuche sind am häufigsten in der äussersten, an das Collenchymgewebe grenzenden Schicht des Rindenparenchyms.

Der Holzkörper ist sehr schwach entwickelt; denn das secundär aus der extrafascicularen Zuwachszone entstandene Zwischengewebe besteht der Hauptmasse nach aus zartwandigem Parenchym. Der Holzring wird aus langgestreckten, verholzten Parenchymzellen gebildet und besteht bei einem 3 mm dicken Stengel nur aus 2 bis 3 Zellreihen.

Euxolus emarginatus

stimmt mit dem vorigen überein.

Sectio Scleropus.

Scleropus amaranthoides

zeigt ungefähr dieselben Verhältnisse wie Amarantus.

Im Mark und noch mehr in der Rinde sind reihenweise übereinander gelagerte Krystallsandschläuche.

Stärke ist besonders reichlich in der innersten an die secundäre Zuwachszone angrenzenden Zellschicht des Rindenparenchyms. Lange, mehrzellige Kopfhaare nur ganz vereinzelt an jungen Sprossen.

Sectio Albersia.

Albersia livida

stimmt in seinen anatomischen Verhältnissen im allgemeinen mit Amarantus überein.

Haare fehlen gänzlich.

Cuticula der Epidermiszellen ist mässig gewölbt.

Albersia besitzt ebenfalls den schönen, roten, im Zellsaft gelösten Farbstoff.

Übereinstimmend mit diesem ist:

Albersia Blitum.

Aenida cannabina.

Die Behaarung besteht in denselben mehrzelligen Kopfhaaren wie bei Amarantus, ist aber äusserst spärlich.

Collenchymatisches Gewebe ist nur in den Kanten des Stengels und da sehr schwach entwickelt.

Chlorophyll ist im Rindenparenchym der Furchen des Stengels; die darüber liegende Epidermis besitzt Spaltöffnungen.

Oxalsaurer Kalk ist auch hier in Krystallsandschläuchen reichlich vertreten.

Stärke und sonstige Assimilationsprodukte sind vorzugsweise in der innersten an den Meristemring angrenzenden Zellschicht.

Deeringia baccata.

Das Querschnittsbild der Achse zeigt auffallende Ähnlichkeit mit dem von Celosia.

Thrichombildung ist auch bei Deeringia nicht vorhanden.

Die Zellen der einschichtigen Epidermis sind nach aussen hin etwas gewölbt und cuticularisiert. Die Form derselben ist quadratisch, in vertikaler Richtung gestreckt.

Ähnliche Form haben die Zellen des Collenchymgewebes, welches stark entwickelt ist. Nur in den Furchen, wo Spaltöffnungen sitzen, ist die collenchymatische Zone häufiger durch lockeres, chlorophyllführendes Parenchymgewebe unterbrochen.

Der extrafasciculare Verdickungsring wird bei älteren Stadien durch ringsum nach aussen hin vorgelagerte Bastfasergruppen gekennzeichnet. Das aus diesem Cambium zuerst entstehende Zwischengewebe besteht aus zartwandigen, markähnlichen Parenchymzellen, welche die primären Gefässbündel umgeben und sie als markständige erscheinen lassen.

Es kommen jedoch auch echte markständige Gefässbündel vor, und zwar sind es die Blattspurstränge, die

in derselben Weise wie bei Celosia und Amarantus in das Mark einbiegen.

Die secundären Gefässbündel stehen alle in dem Libriform, welch' letzteres durch das extrafasciculare Cambium im späteren Stadium des Dickenwachstums gebildet wird. Dieses prosenchymatische, stark verholzte Zwischengewebe repräsentiert die Hauptmasse des Festigungsringes und zeigt regelmässige, radiale Anordnung.

Als Inhaltsstoffe der Zellen sind zu erwähnen: Chlorophyll, Stärke und oxalsaurer Kalk. Wie schon angedeutet, ist das lockere Parenchymgewebe an einigen Punkten der Rinde reichlich mit Chlorophyllkörnern gefüllt, während die Stärkekörner in dem Parenchym der Rinde wie des Markes vorkommen.

Der oxalsaure Kalk spielt auch hier eine grosse Rolle und ist wie bei Celosia in Form von Krystallsand in besonderen Schläuchen in Mark und Rinde vertreten.

Achyranthes argentea.

Das Querschnittsbild des Stengels stellt ein Viereck dar, welches an den vier Seiten Erhöhungen besitzt.

Die Epidermiszellen sind quadratisch, in vertikaler Richtung sehr lang gestreckt. Die cuticularisierte Aussenwand ist gewölbt, fast papillenartig ausgewachsen.

Die Behaarung ist für diese Gattung sehr charakteristisch. Man kann drei Formen unterscheiden:

1) Kurze, mehrzellige, kopfige Haare. Der cylindrische Grundteil derselben besteht aus drei bis vier kleineren Zellen und trägt die kugelförmig aufgeblasene Endzelle, welche hier bedeutend grösser ist als bei den Haaren von Amarantus.

   Die äussere Membran der Haare ist mit höckerigen Verdickungen, wenn auch nur sehr spärlich, versehen.

2) Keulenförmige Haare, welche sonst genau so beschaffen sind, deren Endzelle aber von ovaler Form ist und dadurch dem ganzen Haar ein keulenförmiges Aussehen giebt.

3) Spiessförmige Haare; der Schaft des Spiesses wird aus drei kleineren Zellen gebildet; die darauf sitzende Endzelle ist von der doppelten bis dreifachen Länge des ganzen Schaftes und läuft allmählich spitz zu. Diese Endzelle ist mit winzigen Höckerchen, Verdickungen der Membran, wie besäet.

Spaltöffnungen sind in den Furchen des Stengels zahlreich vorhanden.

Collenchymgewebe ist in den Kanten des Stengels mitunter sehr stark entwickelt, sonst nur wenig oder gar nicht. Die parenchymatischen Zellen, aus denen es sich zusammensetzt, sind in vertikaler Richtung lang gestreckt.

Das Rindenparenchym stellt ein lockeres Gewebe dar mit vielen Intercellularräumen und führt in den Furchen des Stengels reichlich Chlorophyll.

Oxalsaurer Kalk findet sich in grossen Mengen in der Rinde und auch im Mark, und zwar bei jungen Exemplaren in schön ausgebildeten Krystalldrusen. Diese Drusen befinden sich stets einzeln in besonderen Krystallschläuchen, reihenweise übereinander gelagert in nächster Nähe der Gefässbündel.

Bei der ausgewachsenen, verblühten Pflanze findet man an Stelle der Krystalldrusen nur noch Krystallsand. Es scheint demnach, als ob die Krystalldrusen später zerfallen, indem sie dadurch, dass sich die ganze Zelle mit oxalsaurem Kalk anfüllt, zerdrückt werden.

Die beiden mächtigen, in der Mitte des Marks verlaufenden Gefässbündel repräsentieren die vereinigten Blattspurstränge, wie sich das leicht durch Verfolgung derselben durch successive Querschnitte feststellen lässt.

Ich beobachtete niemals, dass von den übrigen Bündeln Stränge in die seitlichen Abzweigungen der Achse geschickt werden.

Aus den gegenständigen Blättern münden je fünf Blattspurstränge in die Achse, sich an der Insertionsstelle sofort mit einander vereinigend.

Die von oben herabkommenden, in den Internodien zu den zwei grossen axilen Bündeln vereinigten Blattspurstränge biegen direkt oberhalb der Insertionsstelle von der Mitte aus an die zwei Seiten des Bündelvierecks heran. Hier teilen sie sich und treten etwas auseinander, den neu eintretenden Blattspursträngen Platz machend. Die das Viereck bildenden — stammeigenen — Gefässbündel lösen sich in einzelne Stränge auf und reihen sich auf allen Seiten des Vierecks, welches nun durch die hierdurch entstehenden geraden Linien deutlich markiert erscheint, dicht aneinander. Direkt unterhalb der Insertionsstelle verbinden sich sodann die neu eingetretenen Blattspurstränge mit denjenigen, welche, von oben herabsteigend, auseinander getreten waren, und biegen nach der Mitte des Markes ein, um in den Internodien wiederum axil zu verlaufen. Derselbe Vorgang wiederholt sich dann weiter abwärts an jeder Abzweigungsstelle.

Nachdem auch noch aus den Keimblättern je zwei Bündelstränge in die Achse eingetreten sind, kommt eine allmähliche Vereinigung der sämtlichen Gefässbündel zu stande, sodass wir im weiteren Verlaufe nach unten schliesslich im unteren Teile des hypokotylen Gliedes einen axilen diarchen Gefässbündelstrom antreffen.

Wie bereits gesagt wurde, haben die Achyranthesarten eine typisch dikotyle Bündelzone und ausser dieser die zwei im Marke verlaufenden mächtigen Gefässbündelstränge. Letztere sind von den zartwandigen Markparenchymzellen umgeben und besitzen zwischen Phloëm und Xylem durchaus regelmässiges Fascicularcambium.

Auch bei den Gefässbündeln des Bündelvierecks erfolgt der secundäre Dickenzuwachs im Anfang auf ganz normalem Wege. Es entstehen secundäre Bündel und parenchymatisches Zwischengewebe. Die zuerst entstandenen Zellen dieses letzteren haben quadratische Form und das Aussehen von Markzellen, während die später entstehenden mehr gestreckte Form annehmen und zum Teile auch Xylogenisierung erfahren.

Gegen Ende der Thätigkeit des normalen Cambiums werden noch 1—2 Zellreihen Holzprosenchym gebildet.

Dann hört der normale Zuwachs auf, und es tritt auch hier rings um die Aussenränder der primären Siebteile ein extrafasciculärer, anomaler Meristemring auf. Derselbe produziert ausser secundären Gefässbündeln nur prosenchymatisches Zwischengewebe. Die Zellen dieses sind stark verholzt und stets regelmässig in radialen Reihen angeordnet.

Der dadurch entstehende Holzring wird sehr mächtig und verleiht der Pflanze grosse Festigkeit.

Schon in den Anfangsstadien des Dickenwachstums, also zur Zeit des normalen Secundärzuwachses, entstehen ausserhalb der Gefässbündel, dem Phloëm vorgelagert, Gruppen von englumigen Bastfasern. Dieselben werden später durch das extrafasciculare Cambium und die aus diesem entstehende Holzschicht von den primären Gefässbündeln getrennt und begrenzen dann das Meristem nach aussen hin.

Achyranthes virgata

stimmt mit dem vorigen überein.

Froelichia floridana.

Die Behaarung besteht auch hier aus langen, vielzelligen, spitzen Haaren ohne höckerige Verdickungen der Membran.

In Rinde und Mark finden sich schön ausgebildete Krystalldrusen in besonderen Schläuchen sowie Stärke und Chlorophyll. Das Mark ist bündelfrei.

Der Secundärzuwachs ist anfangs normal.

Froelichia gracilis

verhält sich ganz analog dem vorigen.

Sectio Hoplotheka.

Hoplotheka interrupta.

Wir finden hier im wesentlichen übereinstimmende Verhältnisse mit Froelichia.

Die Zellen der einschichtigen Epidermis sind relativ gross und zwar verschieden gross. Die Aussenwände sind nur wenig cuticularisiert.

Alternanthera procumbens.

Die Behaarung ist eine mannigfaltige, für die Gattung charakteristische. Zunächst sind es kurze, mehrzellige Haare, deren Endzelle zu einer Kugel oder zuweilen in mehr ovaler Form aufgeblasen ist. Die höckerige Verdickung der Membran ist namentlich bei der Endzelle zu bemerken.

Ferner besitzt Alternanthera lange, spitz zulaufende, mehrzellige Haare, bei denen die äussere Membran sämtlicher Zellen höckerig verdickt ist.

Die Epidermiszellen haben cuticularisierte Aussenwände. Der subepidermale, collenchymatische Festigungsring ist an den Stellen, wo die Epidermis Spaltöffnungen hat, unterbrochen und statt dessen lockeres Schwammgewebe, welches Chlorophyll führt. Weiter nach innen folgt dann auf dieses stets eine Zellreihe Palissadengewebe, mit Chlorophyllkörnern angefüllt. Hier wird Assimilation bewerkstelligt, und es finden sich infolge dessen auch in diesen und den angrenzenden Zellen assimilatorische Produkte, wie Stärke, Proteïnkörper etc.

Oxalsaurer Kalk als Krystalldrusen kommt nur im Rindenparenchym, nicht im Mark vor. Dagegen fand ich schön ausgebildete Einzelkrystalle in allen möglichen Formen des quadratischen Systems in Rinde wie im Mark. Prachtvolle, reguläre Oktaëder sowie auch Quadrate, deren Kanten durch hexagonale Säulen abgestumpft sind.

Das Mark ist bündelfrei.

Man kann drei Formen des Zwischengewebes unterscheiden, die in drei aufeinander folgenden Stadien des Wachstums erzeugt werden.

Zuerst entsteht dünnwandiges, weitlumiges, markähnliches Parenchym. Sodann engerlumige in vertikaler Richtung lang gestreckte Parenchymzellen, welche xylogenisiert werden. Zuletzt entstehen noch engerlumige, stark verholzte, spitz und schräg zulaufende Zellen, das Libriform.

Die Perforierung ist auch hier wie bei den übrigen Amarantaceen einfach.

Korkbildung wurde bei ganz alten Stengeln beobachtet.

Alternanthera ficoides

besitzt zwei echte markständige Gefässbündel. Über die Entstehung derselben ist bereits im allgemeinen Teil das nötige gesagt.

Hier finden sich ebenfalls Krystalldrusen. Die übrigen Verhältnisse sind dieselben wie vorher, mit der Ausnahme, dass die Palissadenzellreihen hier fehlen.

Gomphrena decumbens.

Die Behaarung ist genau dieselbe wie bei Alternanthera.

Oxsalsaurer Kalk ist in Form von Krystalldrusen in der Rinde, wenn auch nicht gerade häufig, vorhanden.

Auch hier ist typisch dikotyler, primärer Bündelring und Markcylinder; letzterer bündelfrei.

Secundärzuwachs anfangs normal.

In der Rinde ist massenhaft Chlorophyll, sogar in den collenchymatisch verdickten Zellen zuweilen.

Gomphrena globosa

stimmt mit dem vorigen überein.

Pupalia atropurpurea.

Die Behaarung besteht aus langen, vielzelligen, spitz zulaufenden Haaren, deren Membran keine höckerigen Verdickungen zeigt.

Unter der einschichtigen Epidermis, deren Zellen von derselben Form und Beschaffenheit wie bei Achyranthes sind, ist das Collenchymgewebe nur sehr schwach entwickelt, und zwar an den erhabenen Stellen der Achse. In den Furchen ist die Collenchymzone auch hier durch lockeres, reichlich Chlorophyll führendes Parenchymgewebe unterbrochen.

Was die Art und Weise des secundären Dickenwachstums anbelangt, so ist Pupalia zu der zweiten grossen Gruppe zu rechnen. Es besitzt nämlich zu Anfang typisch dikotylen, primären Gefässbündelring und Markcylinder; letzteren bündelfrei. Der secundäre Dickenzuwachs erfolgt auch hier in zwei Stadien.

In dem ersten Stadium ist ein regelmässiges Interfascicular-Cambium vorhanden und erzeugt neben secundären Bündeln nur parenchymatisches Zwischengewebe. Dieser normale Zuwachs hört nach einiger Zeit auf, und es tritt in der bereits bei Achyranthes geschilderten Weise ein extrafascicularer Cambiumring auf, der dann dauernd thätig bleibt. Aus diesem gehen noch Sekundärbündel hervor, dagegen kein parenchymatisches Zwischengewebe sondern nur stark xylogenisiertes

Prosenchym, welches die Hauptmasse des Festigungsringes bildet.

Ausser dem oben angegebenen Chlorophyll sind an Inhaltstoffen noch zu nennen: Stärke, welche sich in dem Parenchym der Rinde wie des Markes reichlich vorfindet, und oxalsaurer Kalk, welcher hier in Form von Krystallsand vorhanden ist.

Lebenslauf.

Ich, Konrad Rudolf Hermann Nemnich, Sohn des Königl. preuss. Regierungs- und Forstrates Friedrich Nemnich in Wiesbaden, geboren am 27. September 1865 zu Herborn, Reg.-Bez. Wiesbaden, protestantisch, besuchte die Gymnasien Weilburg und Wiesbaden, trat hierauf als Incipient in einer Apotheke zu Zabern i. Els. ein. Nach dreijähriger Lehre bestand ich in Strassburg i. Els. mein Gehilfenexamen und konditionierte weitere drei Jahre in Altkirch, Zeitz, Runkel und Wiesbaden. Nach dieser Zeit bezog ich die Universität München, woselbst ich nach viersemestrigem Studium das pharmazeutische Staatsexamen mit „gut“ bestand.

Darauf studierte ich an derselben Universität noch ein Semester Chemie. Nach Verlassen der Universität genügte ich meiner Militärpflicht als einj.-freiw. Militärapotheker im Kgl. Garnisonlazarett zu Cassel und war dann während der Choleraepidemie in Hamburg 1892 am Staatskrankenhaus als Apotheker thätig.

Anfangs Wintersemester 1893/94 entschloss ich mich, meine Studien fortzusetzen und besuchte zu diesem Zwecke die Universität Erlangen, woselbst ich am 6. Juni 1894 promovierte.

Erklärung der Tafeln.

Taf. 1. Euxolus lividus.

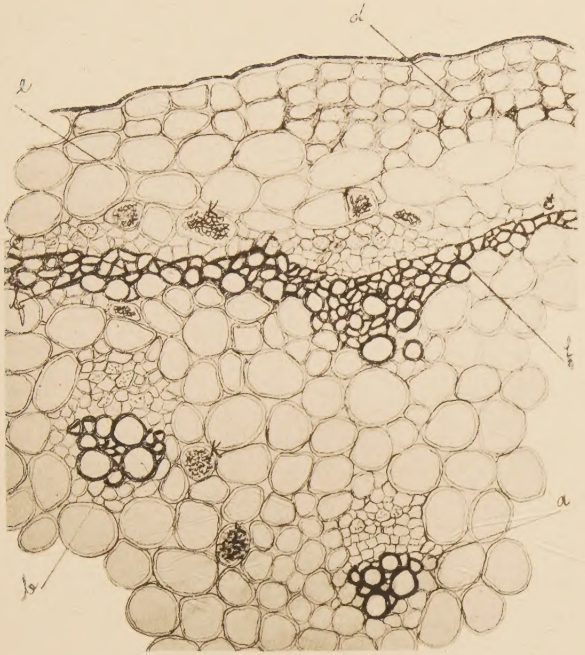
a. echtes markständiges Gefässbündel,
b. scheinbar markständiges Gefässbündel,
c. extrafasciculare Cambiumzone,
k. Krystallsandschläuche,
d. collenchymatische Gewebe,
e. lockeres Parenchym,
f. Festigungsring mit secundären Gefässbündeln.

Taf. 2. Achyranthes virgata.

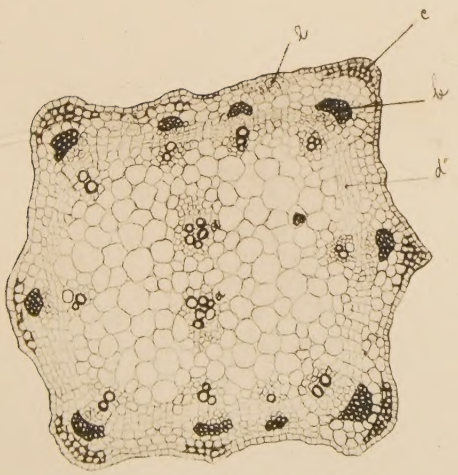
a. echte markständige Gefässbündel,
b. Bastfasergruppen,
c. Collenchymgewebe,
d. normale Cambiumzone,
e. lockeres Parenchym.

Taf. 3. Alternanthera procumbens.

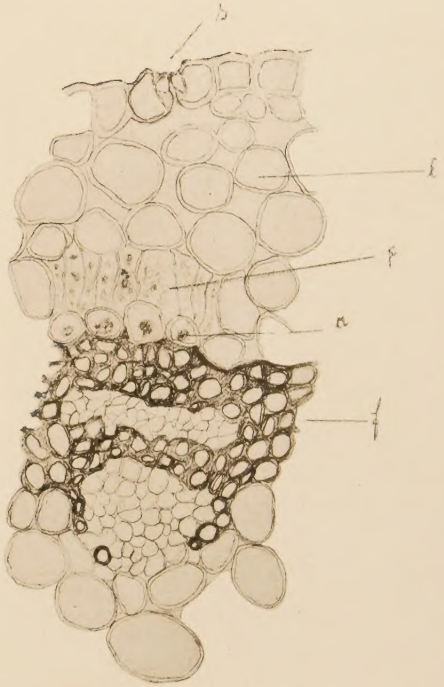
s. Spaltöffnung,
l. lockeres Parenchym,
p. Palissadengewebe mit Chlorophyll,
a. assimilatorische Produkte,
f. Festigungsring mit Gefässbündeln.



Taf. 1. Euxolus lividus.



Taf. 2. Achyranthes virgata.



Taf. 3. Alternanthera procumbens.